

# Strategic Plan for Bioenergy Research

CAI  
EP20  
- 1998  
S76

## 1998-2003

The Canadian  
Forest Service  
Five-Year Plan

3 1761 11553961 1



Natural Resources  
Canada  
Canadian Forest  
Service

Ressources naturelles  
Canada  
Service canadien  
des forêts

Canada





# **Strategic Plan for Bioenergy Research 1998–2003**

The Canadian Forest Service  
Five-Year Plan

---

Implementing the Canadian Bioenergy  
Research Strategy

Published by  
Science Branch  
Canadian Forest Service  
Natural Resources Canada  
Ottawa, 1998

© Her Majesty the Queen in Right of Canada 1998

Catalogue No. Fo42-277/2003

ISBN 0-662-63567-1

Copies of this publication may be obtained free of charge from:

Natural Resources Canada

Canadian Forest Service

Ottawa, Ontario K1A 0E4

Phone: (613) 947-7341

A microfiche edition or photocopies of this publication may be purchased from:

Micromedia Ltd.

240 Catherine St., Suite 305

Ottawa, Ontario K2P 2G8

Editing and Production: Paula Irving

Layout and Design: Danielle Monette

#### Canadian Cataloguing in Publication Data

Main entry under title:

Strategic plan for bioenergy research 1998–2003

Text in English and French on inverted pages.

Title on added t.p.: Plan stratégique de recherche  
en bioénergie 1998–2003.

ISBN 0-662-63567-1

Cat. No. Fo42-277/2003

1. Biomass energy—Research—Canada.

2. Forest biomass—Research—Canada.

I. Canadian Forest Service. Science Branch.

TP360.S72 1998

662.88'0971

C98-980202-7E



Printed on  
recycled paper



PRINTED IN CANADA



Printed on alkaline  
permanent paper

**Cover photo:** Courtesy of Canadian Forest Service,  
Northern Forestry Centre, Edmonton, Alberta

# **C o n t e n t s**

**Executive Summary** v

**Introduction** 1

**Canadian Forest Service Bioenergy Research Program** 1

Rationale 1

Program Objectives 4

Program Elements 4

Accomplishments 5

**Bioenergy Strategic Plan 1998–2003** 7

Context 7

Plan Goals and Priorities 8

**Relationships to Other Science and Technology Programs** 13

CFS Science and Technology Networks 13

Other NRCan Sectors 15

Other Agencies 16

**Appendix A.** Environmental Guidelines for Biomass Energy  
Research and Technology Transfer 17

**Appendix B.** Guidelines for Pest Management  
Research Proposals 19

**Appendix C.** Criteria for Assessing ENFOR Projects 20





Digitized by the Internet Archive  
in 2022 with funding from  
University of Toronto

<https://archive.org/details/31761115539611>

# Executive Summary

Bioenergy research in the Canadian Forest Service includes all aspects of assessment, production, and growth of forest biomass for energy. The Canadian Forest Service has conducted research in these areas since 1978, primarily through the ENFOR (ENergy from the FORest) Program funded by the interdepartmental Program of Energy Research and Development (PERD). Previous strategic plans have provided direction for bio-energy research since 1987.

Between 1998 and 2003 the primary focus will be on research activities relating to biomass production from forest ecosystems for energy, the potential of offsetting fossil fuel energy supply with forest derived bioenergy, and the assessment of forest options for reducing atmospheric concentrations of carbon dioxide. The objectives of the CFS bioenergy research program are to:

- generate sufficient knowledge and technology on forest biomass production to help increase the contribution of forest biomass energy to Canada's overall energy supply; and
- improve the understanding of the role of biomass production in the global carbon cycle to help make a marked contribution to Canada's commitment to stabilize its greenhouse gas emissions.

The primary emphasis of the program will be on increasing the contribution of Canada's overall energy supply derived from forest biomass; the secondary emphasis will be on the implications for and impact on the global carbon cycle and enhancing forest ecosystems as sinks and reservoirs for atmospheric carbon in the context of climate change.

Key activities to be undertaken include:

1. studies of biomass production technology for conventional forestry and energy plantations to increase and sustain biomass production for energy purposes relating to offsetting or replacing fossil fuel energy supplies;
2. studies of greenhouse gas cycles in forest ecosystems and their contribution to the global carbon balance, including development of analysis tools for assessing forest biomass production projects and options for reducing greenhouse gas emissions;

3. identification and assessment of environmental impacts of biomass production technologies relating to their impact on enhancing or sustaining forest ecosystems as sinks and reservoirs for atmospheric carbon;
4. identifying the impact of global environmental change on biomass production potential and its implication for biomass energy supply;
5. the support of collaborative international bioenergy research activities of the International Energy Agency.

As well, a series of major reviews highlighting program needs and accomplishments will be undertaken, and technology transfer efforts strengthened.

These activities will be undertaken within the context of the PERD process for funding of proposals. The work will be implemented by the Canadian Forest Service ENFOR Program and by participation in international collaborative research under the Bioenergy Agreement of the International Energy Agency. The primary vehicle for delivery of the ENFOR Program will be the Science and Technology Networks of the Canadian Forest Service. Relationships with existing collaborators will be maintained and new partnerships and collaborative arrangements will be pursued for funding and conducting joint research.



# Introduction

This plan is designed to provide overall guidelines for the development and implementation of the bioenergy research program of the Canadian Forest Service (CFS) during the period 1998 to 2003. It is intended to help research managers, scientists, and others involved in the science program to ensure that activities proposed and undertaken are relevant, coordinated, and directed toward agreed and recognized priorities. These activities should also contribute policy relevant information about expanding the use of energy derived from forest biomass, offsetting energy derived from fossil fuels, and improving our understanding of the impact of biomass production on the forest carbon cycle in the context of climate change.

The plan covers all science and technology activities undertaken by the CFS in the field of forest bioenergy production and supply. These include in-house research; projects contracted to outside agencies, companies, and individuals; and international collaborative activities.

This is the third strategic plan prepared for bioenergy research within the CFS. The previous plan was prepared for the period 1992 to 1997. The present plan supersedes the previous one, taking into account major changes that have taken place in the CFS Science and Technology (S&T) program structure and organization, and in the structure of the Program of Energy Research and Development (PERD), the source of funding for CFS bioenergy research. It explains the rationale and overall objective for the bioenergy research program and briefly reviews the accomplishments to date. It indicates the planning context within which the program operates, states the specific objectives for the period of the plan, and details the strategic priorities developed for this period. Finally, it outlines the implementation process for the plan.

## Canadian Forest Service Bioenergy Research Program

### Rationale

Forest biomass is an alternative renewable source of energy whose use could reduce Canada's national dependence on nonrenewable fossil fuel energy sources. It is the most widely available renewable energy feedstock in Canada. Increased use of forest

biomass for energy could contribute to the objectives of sustainable development and have considerable environmental benefits.

In the context of climate change, forests also play a significant role in the carbon cycle through storing and exchanging carbon with the atmosphere. Increasing atmospheric concentrations of carbon dioxide have been associated with climate change and global warming. To address the issue of climate change, the international community put in place a Framework Convention on Climate Change in 1992. Canada as a signatory to this convention is obligated to stabilize its greenhouse gas emissions at 1990 levels and to sustain and enhance its sinks and reservoirs for atmospheric carbon. Forests, as a major sink and reservoir for carbon, are expected to play a role in both improving the use of bioenergy as a means of offsetting fossil fuel use and improving its forest and forest soils as a sink and reservoir for atmospheric carbon. Both of these will contribute to Canada's commitment to stabilize its greenhouse gas emissions and reduce and mitigate potential climate change. In response to the policy linkage between energy and climate change, ENFOR is broadening its focus from one of bioenergy supply to include its linkage and role in the global carbon cycle and climate change.

There are two sources of forest-based biomass potentially available for energy in Canada. One is forest residues from conventional harvesting, including nonmerchantable species and components of forest stands. The other is "energy plantations" of fast-growing woody species, such as poplars or willows, grown specifically for energy purposes. Biomass from either of these sources, as well as commercial forest species, can provide energy directly through combustion, or indirectly after conversion through thermal, chemical, or biological processes to more convenient forms such as liquid or gaseous fuels.

Although bioenergy technologies are improving, lack of knowledge and technology specific to Canadian conditions continues to be a major impediment to the successful use of bioenergy. For forest residues, there is a great need to improve production technology and our understanding of the implications of biomass production on sustainable forest management, particularly in the context of the global carbon cycle. There is also a requirement to improve the technology for collection and handling of biomass for energy use. For energy plantations, in Canada the optimal species, clones, and production technologies have not been established although progress has been made. The long-term sustainability of production under a range of environmental conditions is also very uncertain.

Energy plantations can also play an important role in stabilizing and even reducing greenhouse gas concentrations through replacing/offsetting fossil fuel emissions and

thus can help mitigate the likelihood of future climate change. The vigorously growing young woody plants in such plantations absorb CO<sub>2</sub> and store it in their tissues until it is released when the woody material is converted into energy. New energy plantations established on previously unforested marginal agricultural land or other lands serve a dual greenhouse gas abatement function. First, forested lands increase the storage of carbon in forest ecosystems, thereby reducing atmospheric carbon dioxide concentrations. Second, replacing or offsetting fossil fuels with biomass energy indirectly reduces the emissions that increase atmospheric concentrations of carbon dioxide. Use of fossil fuels has been linked directly to increasing atmospheric CO<sub>2</sub> concentrations through the release of carbon stored in the biosphere over millions of years; whereas emissions associated with biomass energy do not add to atmospheric concentrations because the emissions are part of the existing ecosystem carbon cycle. The existing carbon cycle of the earth's ecosystems in the absence of human activities is believed to be in balance.

The techniques and systems involved in assessing, growing, harvesting, and collecting biomass for energy differ somewhat from those used in the production of conventional forest products, particularly in the case of short-rotation energy plantations. Thus research and development are necessary to put in place the required knowledge and technology. At the same time, much of the information produced will also have direct or indirect application to more conventional forestry operations.

The Canadian Forest Service of Natural Resources Canada, as the leading research agency in the forest resource sector, has a wealth of knowledge and expertise in all aspects of forest resource management. It is the most appropriate agency to coordinate forest bioenergy production research and has been doing so since 1978. It is also capable of addressing many of the research issues in-house. Forest biomass production for energy research, with its objectives based in sustainable forest development, is clearly appropriate to form a part of the programs of most if not all of the CFS S&T networks, particularly those dealing with climate change, impacts of forestry practices, and socio-economic research.

Bioenergy research in the CFS is funded by PERD. The work is coordinated with other aspects of PERD through the Office of Energy R&D. To provide a complete approach to bioenergy systems, it is closely coordinated with research on bioenergy conversion processes and use conducted by CANMET within the Energy Sector of Natural Resources Canada. The CFS mandate is considered to be on the forest resource side of bioenergy systems, up to the point of delivery of the biomass feedstock to the conversion facility. It thus includes questions relating to the production of biomass in forest ecosystems, including residues from forest operations such as harvesting, as well as primary



transportation of the material from the production site to the point of use. It does not include questions relating to mill residues.

## **Program Objectives**

The objectives of the CFS bioenergy research program are to:

- generate sufficient knowledge and technology on forest biomass production to help increase the contribution of forest biomass energy to Canada's overall energy supply; and
- improve the understanding of the role of biomass production in the global carbon cycle to help make a marked contribution to Canada's commitment to stabilize its greenhouse gas emissions.

The primary emphasis of the program will continue to be on increasing the contribution of Canada's overall energy supply derived from forest biomass. However, in 1992, Canada signed the Framework Convention on Climate Change, with associated commitments to stabilize its greenhouse gas emissions at 1990 levels by the year 2000 and to sustain and enhance sinks and reservoirs for atmospheric carbon. Since then, increasing importance has been given to the role of biomass production in the global carbon cycle. With ongoing international negotiations aimed at signing a protocol to strengthen greenhouse gas emissions reductions after the year 2000, forest sinks and reservoirs are expected to play an important and expanding role. Therefore, there is a need for more policy relevant information on the role of forests and biomass production in reducing greenhouse gas emissions. In response to this need, for the period 1998 to 2003, a secondary emphasis of the program will be on the implications of biomass for energy production for and impact on the global carbon cycle and enhancing forest ecosystems as sinks and reservoirs for atmospheric carbon.

## **Program Elements**

The bioenergy research program incorporates two main elements: the CFS ENFOR (ENergy from the FORest) Program of R&D on forest biomass production for energy and enhancement of the forest as sinks and reservoirs of atmospheric carbon, and Canada's contribution to collaborative activities of the International Energy Agency (IEA) Bioenergy Agreement, specifically in the area of biomass production and greenhouse gas cycles.

## Accomplishments

The bioenergy research program was initiated in 1978 as part of the federal government's response to the oil price crisis and the need to develop alternative energy sources. ENFOR originally included subprograms on biomass production and biomass conversion. However, responsibility for the conversion aspect was transferred to the bioenergy development program of the former Energy, Mines and Resources Canada (EMR) in 1983. When the CFS and EMR merged into Natural Resources Canada in 1994, closer coordination of the production and conversion parts occurred.

Significant accomplishments of the ENFOR Program to date include:

- completion of a national forest biomass inventory;
- development of prototype equipment to harvest, collect, and transport biomass from conventional forestry systems;
- development and testing of species, hybrids, and clones for intensive biomass production;
- detailed investigation of negative environmental impacts of intensive biomass removals, including development of the FORCYTE model for nutrient cycling trend evaluation;
- investigation of socio-economic and institutional factors related to availability and use of biomass for energy.

During the most recent period (1992–97), research activities focused on short-rotation forestry plantations for energy, the development of a carbon budget of the Canadian forest sector, and the economics and silvicultural benefits of harvesting forest biomass for energy.

### Short-Rotation Forestry

A more concerted focus was placed on developing the technology for short-rotation forestry plantations for energy using willow or poplar. This work has reached the stage of several field-scale trials which are beginning to yield practical, operational results. Potential pest problems affecting biomass production in energy plantations are being reviewed and a series of regional field experiments to determine the impact of whole-tree harvesting on site and soil conditions is being completed, yielding valuable data.

### Carbon Budget Model of the Canadian Forest Sector

A major effort was devoted to developing a carbon budget model of the Canadian forest sector to determine the magnitude of the forest biomass carbon pool of Canadian

forests and how this pool has been affected by changes in growth and disturbances related to harvesting, fire, and insects from 1920 to 1989. Efforts are continuing in terms of improving input data, investigating the potential of biomass energy production options to reduce atmospheric carbon dioxide concentrations, and predicting the impact of climate change on biomass production. The carbon budget work has achieved strong international recognition. The model has been adapted to the regional level (in British Columbia) and various input data improved.

### **Economics of Silvicultural Benefits of Harvesting Forest Biomass for Energy**

The economics of the potential silvicultural benefits of harvesting forest biomass for energy have been investigated in several regions of the country. It is becoming clear that bioenergy use can be more readily justified when it is integrated with other forest uses or applied in niche markets such as remote northern communities.

### **International Energy Agency**

The CFS is the official Canadian participant in the International Energy Agency (IEA) Bioenergy Agreement. The collaborative activities of this agreement are biomass production and supply, biomass conversion, municipal solid waste, and greenhouse gas cycles of bioenergy systems. IEA bioenergy activities in biomass production and supply and in greenhouse gas balances of bioenergy systems complement the national ENFOR Program of the CFS. Canadian scientists, including CFS researchers, play an active role in the IEA through involvement in technical advisory committees, leading and participating in activities, and organizing workshops. CANMET coordinates involvement in biomass conversion and municipal solid waste.

Circumstances have changed since the previous CFS strategic plan for bioenergy research was implemented in 1992. The approaching completion of several major objectives and the need for new directions necessitate a revision of the plan. This plan must take into account the closer ties of the CFS with other groups involved with bioenergy and renewable energy within Natural Resources Canada, particularly in the Energy Sector, and the linkage between energy use and emissions, and forest sinks and reservoirs to climate change. It also needs to take into account the new structure and science program priorities of the CFS resulting from the federal Program Review and budget reductions of February 1995. More specifically, bioenergy research in the CFS now needs to be planned in relation to S&T network programs. The structure of PERD has also changed with some shifting of priorities and the establishment of a new PERD Task on Energy and Climate Change; these changes affect the CFS strategy for bioenergy research.



# Bioenergy Strategic Plan 1998–2003

## Context

### Changing PERD Priorities

The CFS bioenergy research program is funded by PERD and therefore is subject to the PERD planning and reporting processes. PERD has recently undergone a major restructuring, reducing the emphasis on work on fossil fuels and giving priority to renewable energy and environmental considerations in the context of climate change. This is reflected in the creation of the new PERD Task on Energy and Climate Change which focuses on improving our understanding the role of energy use and production in the global carbon cycle. As well, for PERD to better respond to changing priorities and directions, a new strategic reserve fund has been created. Given the revised PERD priorities, no decrease in PERD support of forest bioenergy research is anticipated, although funding may be reduced by 5–18% to cover the costs of the new strategic reserve funds for both PERD and the Task on Energy and Climate Change.

### Obligations to the IEA Bioenergy Agreement

As the Canadian signatory to the IEA Bioenergy Agreement, the CFS has an ongoing responsibility to participate in and contribute financially to the tasks and activities of that agreement. Such financial contributions depend on PERD funding. The CFS has made specific commitments to activities that enhance the production and economics of biomass feedstocks for ethanol under the federal ethanol initiative, which is intended to promote the use of ethanol blends as transportation fuels. These activities represent all the current ENFOR activities relating to energy plantations, as well as activities relating to the environmental impacts of biomass production and harvesting. Operationally, the responsibility for contributions and participation in the biomass conversion and municipal solid waste tasks of IEA rests with CANMET.

### CFS Priorities

The CFS is strongly committed to the sustainable development of the Canadian forest sector and to conserving forest ecosystems. Previously, environmental concerns were looked at broadly, ranging from the environmental impact of biomass production and technology on site productivity (nutrient supply), soil and water quality, and the environment in general. These activities are important for the sustainable development of forests but have not necessarily improved our understanding of the environmental impacts of bioenergy use. Energy use must be examined in the context of the global carbon cycle and its link to climate and atmospheric change. The bioenergy research program will continue to give major attention to environmental concerns, but the

focus will be on environmental impacts on the carbon cycle. Priority will be given to research activities aimed at improving our understanding of the environmental impacts of biomass production on sustaining and enhancing forests and forest soils as sinks and reservoirs for atmospheric carbon, and at developing measures to reduce the loss or release of soil carbon to the atmosphere and water systems. In this context, environmental concerns are considered as broadly as possible, from short-term impacts of biomass harvesting for energy on soil compaction and erosion (relating to carbon management) to long-term national and global impacts on climate change. As well, there needs to be an increased emphasis on delineating and promoting the potential environmental benefits of biomass production for energy relating to improved energy use efficiency and offsetting or replacing fossil fuel use.

The CFS bioenergy research program operates within a set of environmental guidelines that focuses on carbon management because this is the primary linkage of biomass energy use and production to the environment. Environmental impact research relating to issues such as sustainable forestry practices, multiple integrated forest uses and benefits, maintenance of biodiversity, site productivity and ecological stability, and aesthetics will be undertaken by this program inasmuch as they can be linked to their effects on the carbon cycle. The environmental guidelines are outlined in Appendix A.

Finally, guidelines have also been developed for pest management research relating to the ENFOR Program. These guidelines limit such research to the investigation and resolution of pest problems in energy plantations. The pest management guidelines are detailed in Appendix B.

## **Plan Goals and Priorities**

The overall objectives of ENFOR were outlined previously in "Program Objectives." The goal of the plan is to provide policy relevant and decision-making information for forest and energy managers to:

- encourage an increase in the use of biomass energy as a means of sustaining Canada's energy supply, reducing energy use carbon emissions to the atmosphere by offsetting fossil fuel emissions,
- enhance and sustain Canada's forest ecosystems used for energy production as sinks and reservoirs for atmospheric carbon, and

- contribute to the development of Canada's position on forest sinks and reservoirs in international negotiations related to the Framework Convention on Climate Change.

The research priorities for the period of the plan include activities aimed at:

- improving biomass production for energy from forest residues, including harvesting residues, noncommercial timber and brush species; and energy efficiency of technology and practices used in biomass production;
- improving biomass production for energy from short-rotation energy plantations for willow and poplar species with a focus on postharvesting renewal;
- improving our understanding of the environmental impact of biomass production for energy with a focus on (1) defining the implications of biomass production and production practices on enhancing and sustaining forest ecosystems as sinks and reservoirs for atmospheric carbon, and (2) offsetting fossil fuel energy use;
- continuing CFS leadership in international collaboration in bioenergy research through participation in the IEA Bioenergy Agreement.

### **Biomass from Conventional Forestry**

As the most widely and economically available forest biomass feedstock in Canada, forest residues will receive the greatest emphasis in the program. Environmental impacts and economics studies in the conventional forestry context will be considered as integral parts of this strategic priority area, rather than separate strategic priorities in their own right.

The national forest biomass inventory, which has been updated in the context of its input to carbon budget modeling, will be revisited to assess its value for region-specific bioenergy feasibility analyses and its potential contribution to NRCan Energy Sector bioenergy modeling activities. Investigations will be made of current forest management and harvesting practices in relation to the availability of logging residues under different practices. A review will be made of progress achieved in improving the efficiencies of methods of collecting and transporting residues for energy use, and related problems and issues will be identified and resolved. Managing the moisture content of the residues in the field will be investigated. The feasibility of implementing integrated harvesting systems developed in Europe for biomass for energy and other forest products will be studied for its applicability to Canadian conditions. This work will draw on the results of work already done or underway in other countries under the



IEA Bioenergy Agreement and will incorporate a range of silvicultural activities such as site preparation and vegetation management.

There will also be an economic research component to various aspects of the residue harvesting work. This will be undertaken in collaboration with similar efforts in other sectors of NRCan's Energy Sector. Barriers to the implementation of biomass production systems for energy in conventional forestry will be investigated and in particular problems of using bioenergy to offset and replace conventional energy supplies derived from fossil fuels in remote, northern, forest-based communities will be explored. Integrated production and environmental and socio-economic benefits are important elements relating to sustainable forest management for biomass energy production. In this regard, progress has been made in establishing the silvicultural benefits of biomass production and harvesting in the Atlantic region. This work now needs to be expanded to other regions. Similarly, domestic fuelwood use patterns have been surveyed in some eastern regions. There would be merit in extending this effort to a regional or national scope to establish the impact of conventional energy supplies on carbon gas emissions offset by domestic fuelwood use. Past work was done at the provincial level. Emphasis and priority will now be given to regional and national level efforts.

For environmental impacts, analysis and reporting will be completed on the series of regional field experiments involving whole-tree harvesting. The proceedings of a symposium focusing on the results of these experiments in terms of impacts on site nutritional status and productivity will be published. The impact of forestry practices on the carbon cycle has been identified as a significant gap in the context of the role of forestry in climate change. To address this gap, environmental impact work will be refocused to assess the implications of various harvesting and silvicultural practices on enhancing or sustaining forest ecosystems as sinks and reservoirs for atmospheric carbon. Of particular importance is the impact on the retention and loss of soil carbon which is not well understood.

### **Energy Plantations**

Because of the need to consider end uses other than bioenergy to justify the cost of short-rotation forestry, partnerships and other funding sources will be pursued. Recognition will be given to the potential contribution of energy plantations to CO<sub>2</sub> uptake and storage and to greenhouse gas abatement through offsetting of fossil fuel energy sources. Options for afforesting marginal agricultural and other lands with energy plantations will be investigated.

Current activities in the development and farm-scale testing of energy plantation technologies with willow species will continue to be the primary thrust, with increased

focus on determining the sustainability of production in second generation willow systems. Of particular importance is determining the postharvesting renewal and productivity levels for a range of soil and nutrient conditions to establish the long-term sustainability of biomass production for willow plantations under a range of environmental conditions. Investigation of harvesting and handling methods and technology will be undertaken. As well, investigation of the use and environmental implications of plantation fertilization with sewage sludge and other organic wastes will continue. Support will also continue for field-level selection trials with new species and clonal varieties of poplar and willow to improve and sustain long-term biomass production. Current identification of potential pest problems and threats in energy plantations will be continued. Of particular importance is establishing the cost-benefit of various pest management strategies for biomass production. Another important aspect of energy plantation production will be to determine the potential of willow and poplar plantations to increase carbon sequestration in the soil.

### **Greenhouse Gas Cycles, the Carbon Cycle, and Climate Change**

In terms of PERD priorities and programs, activities undertaken will be linked to the new Energy and Climate Change Task. Activities involved in this component link with environmental impact of forestry practices and energy plantation activities, described previously, and activities associated with the investigation of greenhouse gas cycles in bioenergy systems. As well, analysis of bioenergy-related activities, options, and strategies for reducing atmospheric carbon dioxide concentrations and mitigating potential climate change will be undertaken.

Research on the carbon cycle of northern forest ecosystems and the Canadian forest sector will continue in order to improve scientific understanding of climate- and time-dependent abiotic and biotic factors and the role of bioenergy in the global carbon cycle and climate change. Of particular importance is the influence of disturbance regimes related to harvesting, fire, and insects on the cycling and storage of carbon within forest ecosystems and the role of forest soils in the carbon cycle. Analyses of regional to circumpolar spatial data over time scales from the recent past to projections for the next 100 years in response to climate change for the forest ecosystems of Canada will be undertaken. Contributions will also be made to the development of an analytical framework for assessing forest sector bioenergy options and strategies for reducing atmospheric concentrations of carbon dioxide and enhancing and sustaining Canada's forest ecosystems as sinks and reservoirs for atmospheric carbon. This work will assist in selecting appropriate forest biomass production strategies and options to fulfill Canada's obligations as a signatory to the Framework Convention on Climate Change to stabilize its greenhouse gas emissions at 1990 levels.

## **Program Review and Technology Transfer**

As part of the ongoing program administration, project proposal review for new projects and the review of ongoing projects is an essential element. A panel meeting will be held at least once a year to assist in reviewing ongoing projects and activities and the acceptability of new projects. Facilities for the meeting, transportation, accommodation, and meal costs of non-CFS members will be covered by ENFOR where appropriate. Salaries and travel costs of CFS employees participating in the panel will be covered by CFS networks.

Communicating the results of the research programs will involve working with partners in bioenergy and in forest management and will include reports and publications, workshops and conferences, demonstrations, and field study tours. Reporting of research results in the scientific literature and in publications such as the CFS Information Report series aimed more specifically at forest managers will continue. The annotated, computerized bibliography of all CFS bioenergy reports and publications will be kept current. As well, where appropriate, the program will assist in the publication of reports and research findings related to biomass production for energy production, the carbon cycle, and climate change.

As major areas of the bioenergy program near completion, reviews of the state of knowledge and technology in these program areas will be conducted. These reviews will be designed to make the results of research readily available to our clients and assist in the transfer of technology. Program areas to be addressed in this way during the period of the plan include the environmental impacts of whole-tree harvesting, and carbon budget modeling.

The CFS, its scientists and contractors, will continue to participate in bioenergy R&D seminars and workshops in North America and abroad to facilitate the transfer of bioenergy R&D results. Such events may be sponsored by the CFS alone or with other agencies such as the IEA, CANMET, the U.S. Department of Energy, or others. Results of CFS bioenergy research will be highlighted at various scientific conferences and workshops as appropriate. Several workshops related to review of the status of the carbon cycle of boreal forest ecosystems, assessing the IPCC guidelines for carbon emissions from forests, and forest options for mitigating climate change are to be undertaken.

## **International Collaboration**

The CFS will continue to participate in the IEA Bioenergy Agreement through active involvement on the Executive Committee for the agreement, as well as on the Technical Advisory Committees, and individual Activities of Tasks dealing with biomass production, harvesting, and supply and with greenhouse gas balances of bioenergy systems.



The current series of 3-year tasks began in 1995 and terminated at the end of 1997. The CFS participates directly in Task XII (biomass production, harvesting, and supply) and Task XV (greenhouse gas balances of bioenergy systems), and will participate as far as possible in any subsequent tasks or special projects dealing with these topics. Within such tasks, the CFS will support, as far as budgets permit, Canadian participation in specific activities of interest to Canada, to which Canada can provide a technical contribution, and that are complementary to the national program.

Canadian technical contacts for each of the individual activities that Canada is supporting within Tasks XII and XV come from the CFS, industry, and universities. CFS scientists will be encouraged to become actively involved in the work of appropriate activities.

The IEA collaboration involves organization of and participation in international workshops, meetings, and field study tours, international collaborative research, field trials, and exchange of scientific materials, and involvement in the preparation of joint publications, manuals, and proceedings.

## **Relationships to Other Science and Technology Programs**

The bioenergy research program operates within the context of several other related programs of the CFS and other agencies. It is important to define clearly how the bioenergy program relates to these programs and to identify areas of potential collaboration and cross-benefit.

### **CFS Science and Technology Networks**

The bioenergy research program is closely related to all CFS science and technology networks, the primary framework for CFS S&T programs. The networks, to which the bioenergy program has some existing or potential linkages, are:

Climate Change	Effects of Forestry Practices
Fire Management	Forest Ecosystem Processes
Forest Health	Landscape Management
Pest Management Methods	Socio-economic Research
Tree Biotechnology and Advanced Genetics	Forest Biodiversity

The strongest relationships are with Effects of Forestry Practices and Climate Change. Climate Change provides much of the rationale for both the energy plantations and the carbon budget modeling components of the bioenergy program. Work on environmental impacts of biomass harvesting and of energy plantations has implications for Forest Ecosystem Processes. Forest inventory aspects of the Landscape Management and Forest Biodiversity networks have an important role in assessment of biomass resources. The relationship with the Forest Health and Pest Management Methods networks is relatively minor and is concerned only with forest health and pest problems in energy plantations. The economic components of the bioenergy program can potentially be supported by the Socio-economic Research Network. There is no link at present between the Tree Biotechnology and Advanced Genetics Network and the bioenergy program, though there may be potential ties to testing and demonstrating the production capability and feasibility of new species and clonal varieties of willow and poplar in the context of energy plantations. Similarly there is no present link with the Fire Management Network, though aspects of fire ecology and forest fire emissions studies could support assessment of forest biomass resource supply for energy and the carbon cycle.

In addition to the CFS S&T networks, the bioenergy program has links to the “Policy and Liaison” group, which strongly supports development-oriented projects, particularly in relation to bioenergy use in remote and northern communities. This CFS group also assists in technology transfer by organizing conferences and workshops. The CFS-sponsored Model Forests Program will continue to be encouraged to incorporate and demonstrate management strategies aimed at improving biomass production for energy into its plans.

The bioenergy program is also linked to the forest sector Criteria and Indicators of sustainable forest management being led by the CFS. This initiative, which is both a domestic and international effort, requires research in describing and measuring the sustainable management of our forest ecosystems. The bioenergy program is strongly linked to the forest condition and global cycles criteria of the C&I initiative and will help develop indicators for forest condition (biomass), carbon cycle, and forest energy use.

The program is linked to knowledge infrastructure. NRCan is committed to making information and data being generated by its various sectors more accessible. As well, NRCan will try to ensure the preservation of this information and knowledge for future generations. The bioenergy program as a prime generator of knowledge, information, and data in the context of biomass production for energy has a role to play in

contributing to departmental knowledge and infrastructure initiatives. The bioenergy program will encourage and support departmental efforts to preserve and increase the availability and exchange of the knowledge, information, and data generated by research.

All of these program linkages will be exploited to ensure maximum coordination and collaboration between programs. The CFS networks are the primary vehicle for delivery of the ENFOR Program. Any potential for mutual benefit will be emphasized. However, wherever PERD funding is involved, there must be an energy link and benefit in terms of expanding bioenergy use, offsetting fossil fuel energy sources, and improving our understanding of the role of forest ecosystems and bioenergy in the global carbon cycle.

## **Other NRCan Sectors**

The bioenergy research program is closely related to the Renewable Energy Technology Program of CANMET's Energy Technology Centre. For bioenergy, that program is concerned with biomass conversion technologies, including biochemical, thermochemical, and direct combustion techniques, as well as systems for transport and handling of biomass feedstocks. While the focus is different from that of the CFS program, there are areas of common interest including transportation, handling, and economics. The two programs will be closely coordinated and should be seen within NRCan as having the same overall objective of developing and promoting bioenergy use and supply. Advantage will be taken of opportunities for joint funding of research projects in areas of common interest, as well as for collaboration in workshops and seminars. There may also be opportunities for joint involvement in demonstrating bioenergy systems and technologies in rural and remote communities.

The CANMET bioenergy group is formally represented on the ENFOR Committee, and the CFS participates in reviews of the relevant CANMET program. Within the IEA Bioenergy Agreement, CANMET provides the alternate Canadian representative on the Executive Committee and acts in the same capacity for Tasks XIII and XIV as the CFS does for Tasks XII and XV.

Also, within the Energy Sector of NRCan, the bioenergy research program provides advice on renewable energy policy through its participation in the Intradepartmental Advisory Committee on Renewable Energy. That committee advises the Renewable and Electrical Energy Division with which the CFS program has continuing links. Through participation on the Interdepartmental Steering Committee on Ethanol, the CFS has ties with the group coordinating departmental involvement in the federal ethanol



initiative to encourage the production and use of fuel ethanol in Canada. While that initiative is primarily concerned with ethanol production from feedstocks such as grains and oilseeds, lignocellulosic feedstocks are also important in the longer term. The CFS has acknowledged that research under the bioenergy program can support this initiative. The bioenergy research program has also provided advice on economic modeling of forest biomass supply undertaken by policy groups in the Energy Sector.

The Office of Energy Research and Development (OERD), in the Energy Sector, provides secretariat services to PERD. The CFS involvement with OERD concerns the proposal review and funding process of PERD and in relation to overall program evaluation. OERD has observer status on the ENFOR Committee.

## **Other Agencies**

The bioenergy research program is linked with Agriculture and Agri-Food Canada which shares a common interest in dedicated energy crops, including woody crops such as poplar and willow, as bioenergy feedstocks. Co-funding arrangements for energy plantation activities have been in place in the past and could be again if the opportunity arises. To ensure coordination of bioenergy related activities between agriculture and forestry, Agriculture and Agri-Food Canada is represented on the ENFOR Committee.

Collaborative research activities may also be undertaken with other departments and agencies, including Environment Canada and the National Research Council of Canada. Through specific research projects, CFS S&T networks are encouraged to develop links with provinces, industry, and universities. Such links have often in the past been through contracts for research projects. In the future, collaborative partnership arrangements and co-funding opportunities will be pursued wherever the opportunity exists.

# Appendix A

## Environmental Guidelines for Biomass Energy Research and Technology Transfer

This appendix is intended to provide a framework for those parts of the Strategic Plan for Bioenergy Research concerned with environmental impacts of biomass harvesting and energy plantation establishment. The CFS has a responsibility to ensure that the ENFOR Program does not cause significant negative environmental impacts by screening new proposals under the provisions of the Canadian Environmental Assessment Act (CEAA). PERD monitors this screening annually for projects it funds.

1. Wood is a renewable fuel and should be substituted for nonrenewable fossil fuels provided sustainable forestry practices are followed.
2. Biomass harvesting for energy should be integrated with other functions of forests including, as appropriate, wildlife habitat protection, production of pulp and saw timber, hunting and fishing by First Nations and others, recreational activities, and protection of air, water, and soil. Of primary importance in the context of energy and climate change is the impact of forestry practices on forest ecosystems as sinks and reservoirs of atmospheric carbon.
3. A minimum level of biodiversity should be defined and maintained in forested landscapes where biomass is harvested for energy, using means such as wildlife corridors, unmanaged reserves, and intensive management actions.
4. In natural forests, biomass harvesting should, as far as possible, be limited to removal of low-value wood during thinnings, improvement cuts, and conversion of degraded stands to ensure ecological stability, long-term timber quality, and higher overall economic value of forests, and to sustain and enhance the forest ecosystem as a sink and reservoir for atmospheric carbon.
5. Removal of conventional harvesting residues for energy should be investigated in the context of site type, nutrient supply, and soil depth and texture in the context of its impact on retention and loss of soil carbon. Biomass should not be harvested more often than is compatible with the long-term maintenance of site productivity and a positive /neutral ecosystem carbon balance.

6. Biomass energy plantations should be established in areas with an institutional capacity for intensive management (for example, farming and forestry communities) and the potential to increase ecosystem carbon storage (for example, underused or marginal agricultural land). In general, conversion of natural forests to biomass plantations should be discouraged where biodiversity loss and a net loss in ecosystem carbon will result.
7. Biomass plantations should, where possible, be placed within the landscape to offer benefits other than energy production, including soil erosion control, stream stabilization, windbreaks and trapping of pollutants from roads and agricultural operations, and increased ecosystem carbon content. Planting of woody energy crops in large (greater than 10 ha) continuous blocks should be avoided so as to maintain ecosystem biodiversity and natural pest control processes.
8. Attention to aesthetics of energy plantations should be encouraged, including use of species mixtures, irregular plantation boundaries, and varied spacings.
9. Use of biomass plantations for disposal of municipal and industrial wastes may be encouraged, provided production systems are designed and monitored to avoid groundwater pollution and excessive accumulation of heavy metals in soil.
10. Forest industries and rural communities should be encouraged to strive for energy self-sufficiency by investing in facilities that use wood energy for heat or electricity. Appropriate consideration should be given to technical issues such as wood ash disposal, waste wood supplies, and the regional carbon balance, and social issues such as job creation and skill training.
11. Fuelwood harvesting operations should be linked, wherever possible, to new technologies for domestic and institutional wood heating that minimize emissions of particulates and harmful gases and that maximize the output of useful heat per unit of wood biomass.



## **Appendix B**

### **Guidelines for Pest Management Research Proposals**

ENFOR will consider proposals for research targeted at demonstrating the resolution of pest management problems (insect, disease, and vegetation) in short-rotation poplar or willow stands. Short rotation forestry for energy production presents a likely scenario where integrated pest management can be practically implemented. Proposals that test or assess the usefulness or applicability of integrated pest management (IPM) methods in resolving current or projected pest management problems are encouraged. Work undertaken must result in information about the long-term impact on overall biomass production and supply.

Proposals should reflect the need for testing and demonstrating IPM approaches that are user-friendly, cost-effective, and have minimal environmental impact.

Proposals that examine pest influences will be limited to (1) determining impacts of pest infestations on biomass production and/or the forest ecosystem carbon cycle, and (2) resolving major pest problems and testing and demonstrating IPM options and strategies in sustaining and enhancing biomass production.

# Appendix C

## Criteria for Assessing ENFOR Projects

Criteria to be used for rating and ranking ENFOR projects include:

1. Does the proposed work address ENFOR objectives outlined in the Bioenergy Plan? This is a necessity.
2. Does the proposed work address “network objectives” outlined in the CFS S&T Business Plans? This is also a necessity.
3. Is the science issue the proposed work addresses significant for bioenergy and biomass production and does the project contribute directly to the provision of policy relevant information on improving biomass energy use, offsetting fossil fuel use, or knowledge or understanding of the role of biomass production in the carbon cycle? This is a necessity.
4. Do the project results apply at the regional and national scale? This is a priority. ENFOR is a national program, therefore results must apply to the regional and national scale. Projects that are site-specific, provincial, or one company specific in focus that do not apply to the regional or national scale are low priority unless 50% or more of the funding is provided by the industry or provincial agency interested in jointly collaborating on the project.
5. Is the project integrated and multidisciplinary in scale and scope? This is a priority.
6. Is the project cost reasonable?
7. Does the project leverage outside funding?
8. Do the Principal Investigators have the expertise and technical capability to do the proposed work and do they have a good track record?
9. Are the proposed deliverables/milestones clear, realistic, and reasonable?
10. Is there a data management plan that ensures all data and supporting data generated by the project will be maintained and made readily accessible to interested users? Availability and preservation of data for future generations is a priority.

## Annexe C

### Critères d'évaluation des projets ENFOR

Voici les critères qui entrent en jeu dans la notation et l'évaluation des projets ENFOR :

1. Les travaux proposés contribuent-ils aux objectifs du programme ENFOR énoncés dans le plan de bioénergie? Cela est indispensable.
2. Les travaux proposés contribuent-ils aux objectifs reliés aux réseaux énoncés dans le plan d'affaires du S&T de SCF? Cela est également indispensable.
3. La question scientifique sur laquelle portent les travaux proposés revêt-elle de l'importance dans le cadre de la production de bioénergie et de biomasse, et le projet contribue-t-il directement à fournir des données pertinentes pour améliorer l'utilisation de l'énergie tirée de la biomasse et réduire la consommation d'énergie fossile ou à faire mieux comprendre le rôle que joue la production de biomasse dans le cycle du carbone? Cela est indispensable.
4. Les résultats du projet sont-ils applicables à l'échelle régionale ou nationale? Cela constitue une priorité. Le programme ENFOR est un programme national : ses résultats doivent donc trouver des applications à l'échelle régionale et nationale. Les projets propres à une station, à une province ou à une entreprise et qui n'ont pas d'applications à l'échelle régionale ou nationale seront jugés peu prioritaires, à moins que le secteur privé ou de l'organisme provincial qui souhaite y collaborer fournisse au moins 50% du financement.
5. L'échelle et la portée du projet sont-elles intégrées et pluridisciplinaires? Cela constitue une priorité.
6. Les coûts du projet sont-ils raisonnables?
7. Le projet nécessitera-t-il un financement extérieur?
8. Le(s) chercheur(s) principal(aux) a (ont)-il(s) l'expertise et les moyens techniques d'accomplir les travaux proposés, et possèdent-ils une compétence reconnue?
9. Les produits escomptés et les principaux jalons sont-ils clairs, réalistes et raisonnables?
10. Y a-t-il un plan de gestion des données qui garantisse que toutes les données, y compris les données justificatives résultant du projet, seront tenues à jour et facilement accessibles aux utilisateurs intéressés? La disponibilité et la conservation des données pour les générations futures constituent une priorité.



## Annexe B

### Lignes directrices relatives aux projets de recherche sur la lutte contre les ravageurs

Le programme ENFOR étudiera les projets de recherche dont le but est de résoudre les problèmes de ravageurs (insectes, maladies et végétation indésirable) dans les peuplements de peupliers ou de saules à courte révolution. La foresterie à courte révolution a des fins de production d'énergie se prête à l'application pratique de la lutte intégrée contre les ravageurs (LIR). C'est pourquoi l'on encourage les propositions dont le but est de vérifier ou d'évaluer l'utilité ou l'applicabilité des méthodes de lutte intégrée contre les ravageurs pour résoudre les problèmes actuels ou prévus de ravageurs. Les travaux entrepris doivent générer des données sur l'impact à long terme de cette lutte sur la production et l'approvisionnement global de biomasse.

Les propositions doivent faire ressortir la nécessité de mettre à l'essai et de démontrer des méthodes de LIR qui soient conviviales, rentables et qui aient un minimum d'effets sur l'environnement.

Les propositions qui portent sur les influences des ravageurs se limiteront : (1) à établir les incidences des infestations de ravageurs sur la production de biomasse et/ou le cycle du carbone des écosystèmes forestiers; (2) à résoudre les principaux problèmes de ravageurs ainsi qu'à mettre à l'essai et à démontrer des options et des stratégies de LIR pour maintenir et accroître la production de biomasse.

- conventionnelles en fonction du type de station, des réserves nutritives et de l'épaisseur et de la texture du sol. La biomasse devrait être récoltée en tenant compte du maintien à long terme de la productivité de la station et d'un bilan positif/neutre du carbone de l'écosystème.
6. Les plantations énergétiques devraient être établies dans des régions qui sont dotées des capacités nécessaires pour pratiquer un aménagement intensif (les collectivités rurales ou forestières, par exemple) et où il est possible de faire augmenter la capacité de stockage de carbone de l'écosystème (les terres agricoles sous-utilisées ou marginales, par exemple). La conversion des forêts naturelles en plantations énergétiques est généralement à conseiller si elle provoque une perte de biodiversité et une perte nette de carbone de l'écosystème.
  7. Les plantations énergétiques devraient, autant que possible, être établies de façon à fournir non seulement de l'énergie, mais aussi un moyen de lutter contre l'érosion, de stabiliser les cours d'eau, de couper le vent, de piéger les polluants venant des routes et des champs et d'accroître la teneur en carbone de l'écosystème. Pour préserver la biodiversité des écosystèmes et les mécanismes antiparasitaires naturels, il faudrait éviter des plantations énergétiques d'essences ligneuses formant de grands blocs continus (plus de 10 ha).
  8. Il faudrait tenir compte de l'aspect esthétique des plantations énergétiques, notamment en utilisant un mélange de différentes essences, des formes de plantation irrégulières et des espacements variés.
  9. Les plantations énergétiques pourront servir à l'épandage d'effluents municipaux et industriels, pourvu que les systèmes de production soient conçus pour empêcher la pollution des eaux souterraines et l'accumulation excessive de métaux lourds dans les sols et qu'ils fassent l'objet d'une surveillance.
  10. Il faudrait encourager les industries forestières et les collectivités rurales à atteindre l'autosuffisance énergétique et à investir dans des installations qui utilisent le bois pour se chauffer et s'éclairer. Il faudra bien examiner certains aspects techniques, comme l'élimination des cendres de bois, l'approvisionnement en déchets ligneux et le bilan du carbone de la région, ainsi que les questions d'ordre social comme la création d'emplois et la formation.
  11. La récolte du bois de chauffage devrait, autant que possible, être associée aux nouvelles technologies de chauffage des résidences et des institutions qui minimisent les émissions de particules et de gaz nocifs et maximisent la production de chaleur utile par unité de biomasse forestière.

## Annexe A

### Lignes directrices sur les incidences environnementales de la recherche sur l'énergie tirée de la biomasse et du transfert de technologie

Cette annexe veut établir un cadre de référence pour orienter les volets du Plan

*stratégie de recherche en bioénergie* concernant les incidences environnementales de la récolte de biomasse et de l'établissement de plantations énergétiques. Le SCF doit s'assurer que le programme ENFOR n'aura pas d'effet négatif important sur l'environnement en examinant les nouvelles propositions à la lumière des dispositions de la *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale (LCEE)*. Le PRDE s'assure chaque année que tous les projets qu'il finance ont fait l'objet d'un examen préalable.

1. Le bois est un combustible renouvelable et devrait être substitué aux combustibles fossiles non renouvelables, à condition que les forêts soient exploitées de façon durable.

2. La récolte de biomasse à des fins énergétiques devrait être intégrée aux autres fonctions des forêts, y compris, le cas échéant, la protection de l'habitat faunique; la production de bois de pâte et de bois de sciage; les activités de chasse et de pêche des Autochtones et d'autres personnes; les loisirs de plein air et la protection de l'air, de l'eau et des sols. L'impact des pratiques forestières sur les écosystèmes forestiers comme puits et réservoirs de carbone atmosphérique revêt une importance primordiale dans le domaine de l'énergie et du changement climatique.

3. Il faut définir et maintenir un niveau minimal de biodiversité dans les forêts ou effectuer la récolte de biomasse à des fins énergétiques grâce, par exemple, aux corridors fauniques, aux réserves non aménagées et à la répartition dans le temps des opérations d'aménagement intensif.

4. Dans les forêts naturelles, la récolte de biomasse devrait, autant que possible, se limiter à l'élimination du bois de faible valeur lors des coupes d'éclaircie, d'amélioration et de conversion de peuplements dégradés, afin d'assurer la stabilité du milieu et la qualité du bois à long terme, d'augmenter la valeur économique globale des forêts et de maintenir et d'améliorer les écosystèmes forestiers comme puits et réservoirs de carbone atmosphérique.

5. Il faudrait étudier l'impact sur la rétention et la perte de carbone du sol de la valorisation énergétique des résidus de coupes pratiquées à l'aide de méthodes





cement des propositions du PRDF ainsi qu'à l'évaluation générale des programmes. Le BRDF agit en qualité d'observateur au sein du comité du programme ENFOR.

## Autres organismes

Le programme de recherche en bioénergie entretient des liens avec Agriculture et agro-alimentaire Canada qui porte un même intérêt aux cultures énergétiques spécialisées, notamment aux essences ligneuses, comme le peuplier et le saule, qui constituent des matières premières bioénergétiques. Des ententes sur le cofinancement d'activités liées à des plantations énergétiques ont été conclues par le passé et pourraient l'être à nouveau, si l'occasion se présente. Un représentant d'Agriculture et agro-alimentaire Canada fait partie du comité du programme ENFOR et y assure la coordination des activités bioénergétiques entre les secteurs de l'agriculture et de la foresterie.

Des activités de recherche conjointes pourraient être menées avec d'autres ministères et organismes, y compris Environnement Canada et le Conseil national de recherches du Canada. Les réseaux de S&T du SCF par le biais de projets de recherche particuliers, sont vivement encouragés à nouer des liens avec les provinces, le secteur privé et les milieux universitaires. De tels liens ont souvent été établis par le passé par le truchement de contrats de recherche. À l'avenir, on s'emploiera à conclure des accords de partenariat et à tirer de toutes les possibilités de cofinancement.

Dans le domaine de la bioénergie, ce dernier s'intéresse aux techniques de conversion de la biomasse, notamment les techniques de conversion biochimique, de conversion thermochimique et de combustion directe, ainsi qu'aux systèmes de transport et de traitement de la biomasse utilisée comme matière première. Son thème central est fondamentalement différent de celui du programme du SCF, mais tous les deux ont des points d'intérêt communs, notamment le transport, le traitement et les aspects économiques. Ces deux programmes seront coordonnés de près et devraient être considérés, au sein de RNCAN, comme ayant le même grand objectif, soit développer et promouvoir la production et l'utilisation de la bioénergie. On tirera parti des possibilités de cofinancement des projets de recherche dans des domaines d'intérêt commun, ainsi que de collaboration dans le cadre d'ateliers et de séminaires. Il se peut également qu'il y ait des possibilités de collaboration à des études de faisabilité et à des projets de démonstration des systèmes et des techniques bioénergétiques dans les localités rurales et éloignées.

Le groupe de bioénergie du CANMET est officiellement représenté au sein du comité du programme ENFOR, et le SCF participe aux examens du programme du CANMET. Dans le cadre de l'entente de l'AIE concernant la bioénergie, le CANMET est le représentant canadien suppléant du comité de direction et il joue le même rôle au sein des champs d'activité XIII et XIV que le SCF au sein des champs d'activité XII et XV.

Les membres du programme de recherche en bioénergie, qui fait également partie des membres du programme de recherche en bioénergie, donnent des conseils sur la politique relative aux énergies renouvelables en participant au comité consultatif intraministériel de l'énergie renouvelable. Ce dernier conseille la Division des énergies renouvelables et de l'électrification avec laquelle le programme du SCF entretient des liens suivis. De par sa participation au comité directeur interministériel sur l'éthanol, le SCF entretient des rapports avec le groupe chargé de coordonner la participation du Ministère à l'initiative fédérale sur l'éthanol afin d'encourager la production et l'utilisation d'éthanol comme carburant au Canada. Bien que cette initiative s'intéresse avant tout à la production d'éthanol à partir de céréales et d'oléagineux, les matières premières lignocellulosiques sont également appelées à jouer un rôle important à plus long terme et le SCF a reconnu que les recherches menées dans le cadre du programme de bioénergie peuvent appuyer cette initiative. Le programme de recherche en bioénergie a également fourni des avis et des conseils aux responsables de la modélisation économique de l'approvisionnement en biomasse forestière entreprise par les groupes stratégiques du Secteur de l'énergie.

Le BRDE qui fait partie du Secteur de l'énergie fournit des services de secrétariat au PRDE. Le SCF collabore notamment avec le BRDE au processus d'examen et de finan-

a trait à l'utilisation de la bioénergie dans les localités éloignées situées dans le Nord. Ce groupe du SCF contribue également au transfert technologique en organisant des conférences et des ateliers. On continuera d'encourager le programme des forêts modèles parrainé par le SCF à intégrer dans ses plans et à démontrer certaines stratégies d'aménagement visant à améliorer la production de biomasse à des fins énergétiques.

Le programme de recherche en bioénergie entretient également des relations avec l'initiative des critères et indicateurs de l'aménagement durable des forêts que dirige le SCF. Cette initiative, menée tant à l'échelle nationale qu'internationale, comporte des recherches dont le but est d'élaborer des méthodes de description et de mesure de l'aménagement durable de nos écosystèmes forestiers. Le programme de recherche en bioénergie est étroitement lié au critère sur l'état des forêts et les cycles planétaires de l'initiative des C&I et contribuera à l'établissement d'indicateurs sur l'état des forêts (biomasse), le cycle du carbone et l'utilisation de l'énergie forestière.

Le programme est également lié au secteur de l'infrastructure des connaissances. RNCan déploie des efforts considérables en vue de faciliter l'accès à l'information et aux données qui émanent des divers secteurs de ce projet. De plus, il s'emploie à préserver ces informations et ces connaissances pour les générations futures. Source importante de connaissances, d'informations et de données sur la production de biomasse à des fins énergétiques, le programme de recherche en bioénergie a un rôle à jouer dans les initiatives du Ministère concernant l'acquisition de connaissances et l'infrastructure des connaissances. Dans ces domaines, il favorisera et appuiera les efforts déployés par le Ministère pour préserver et multiplier les connaissances, l'information et les données issues de ses activités de recherche et pour les rendre plus accessibles.

On tirera parti de tous ces liens pour assurer le maximum de coordination et de collaboration entre les programmes. Les réseaux du SCF sont en fait le principal vecteur d'exécution du programme ENFOR. On mettra donc à profit les moindres possibilités d'avantages mutuels. Cependant, chaque fois que le financement provient du PRDE, il doit y avoir un lien clair avec l'énergie et des avantages sur le plan de l'intensification de l'utilisation de la bioénergie, de la réduction de la consommation d'énergie fossile et de l'amélioration de nos connaissances sur le rôle joué par les écosystèmes forestiers et la bioénergie dans le cycle mondial du carbone.

## Autres secteurs de RNCan

Le programme de recherche en bioénergie est étroitement lié au programme des techniques des énergies renouvelables du Centre de la technologie énergétique du CANMET.

Réseaux de S&T du SCF

Le programme de recherche en bioénergie s'apparente de près à tous les réseaux de sciences et de technologie du SCF, cadre principal des programmes de S&T du SCF. Parmi les réseaux auxquels le programme de recherche en bioénergie est actuellement ou potentiellement lié, mentionnons les suivants :

Changement climatique	Gestion des feux de forêt	Santé des forêts	Méthodes de lutte contre les ravageurs	Biotechnologie des arbres et génétique	Biodiversité des forêts	de pointe
Incidences des pratiques forestières	Processus des écosystèmes forestiers	Aménagement des paysages	Recherche socio-économique			

Ce programme entretient des liens plus étroits avec les réseaux sur les Incidences des pratiques forestières et sur le Changement climatique. Le Changement climatique se trouve d'ailleurs en grande partie à la base des volets du programme de bioénergie concernant les plantations énergétiques et la modélisation du bilan du carbone. Les travaux relatifs aux incidences de la récolte de la biomasse et des plantations énergétiques sur l'environnement ont des répercussions sur le réseau sur les Processus des écosystèmes forestiers. Les volets du réseau sur l'Aménagement des paysages et sur la Biodiversité des forêts concernant l'inventaire forestier jouent un rôle important dans l'évaluation des ressources en biomasse. Les liens avec les réseaux sur la Santé des forêts et les Méthodes de lutte contre les ravageurs sont relativement mineurs et n'intéressent que la santé des forêts et les problèmes de ravageurs dans les plantations énergétiques. Le volet économique du programme de bioénergie pourrait être appuyé par le réseau sur la Recherche socio-économique. Il n'y a actuellement aucun lien entre le réseau sur la Biotechnologie des arbres et la génétique de pointe et le programme de recherche en bioénergie, lesquels pourraient éventuellement s'associer dans des essais et des démonstrations du potentiel de production et de la faisabilité de nouvelles essences et variétés clones de saules et de peupliers cultivées dans des plantations énergétiques. Les rapports avec le réseau sur la Gestion des feux de forêt sont actuellement inexistants, mais des études sur certains aspects de l'écologie des feux et des émissions des feux de forêt pourraient aider à évaluer l'approvisionnement en biomasse forestière à des fins énergétiques ainsi que le cycle du carbone.

En plus de ses relations avec les réseaux de S&T de base du SCF, le programme de recherche en bioénergie entretient des liens avec le groupe « Politique et liaison » qui fournit un vigoureux appui aux projets axés sur le développement, surtout en ce qui



sur les émissions de carbone émanant des forêts et aux options qu'offrent les forêts pour atténuer les éventuels changements climatiques.

### **Collaboration internationale**

Le SCF continuera de participer à l'entente de l'AIE concernant la bioénergie en prenant une part active aux travaux du comité de direction et des comités consultatifs techniques. Il participera également aux activités relatives à la production et à la récolte de biomasse et à l'approvisionnement en énergie verte ainsi qu'aux bilans des gaz à effet de serre des systèmes bioénergétiques. L'actuelle série de champs d'activité entrepris pour une période de trois ans a débuté en 1995 et s'est terminée à la fin de 1997. Le SCF participe directement aux travaux du champ d'activité XII (production et récolte de biomasse et approvisionnement) et du champ d'activité XV (bilans des gaz à effet de serre des systèmes bioénergétiques), et il participera dans la mesure de ses moyens à tout autre champ d'activité ou projet spécial ultérieur portant sur ces mêmes questions. Dans le cadre de ces travaux, le SCF appuiera la participation du Canada aux activités qui l'intéressent directement, auxquelles il peut apporter une contribution technique et qui sont complémentaires au programme national, dans la mesure où ses ressources budgétaires le permettent.

Les agents de liaison technique canadiens, qui participeront à chacune des activités que le Canada appuie dans le cadre des champs d'activité XII et XV, proviendront du SCF, de l'industrie et du milieu universitaire. On encouragera les scientifiques du SCF à prendre une part active aux travaux réalisés dans le cadre de ces activités. Dans le cadre de cette collaboration avec l'AIE, il faudra organiser des ateliers internationaux, des réunions, des visites guidées, des activités de recherche internationales, des essais sur le terrain et des échanges de documents scientifiques et y participer. Il faudra également participer à la rédaction conjointe de publications, de manuels et de comptes rendus.

## **Rapports avec d'autres programmes de sciences et de technologie**

Le programme de recherche en bioénergie est mené dans le cadre d'un certain nombre d'autres programmes connexes du SCF et d'autres organismes. Il importe de clairement définir les rapports qui existent entre le programme de bioénergie et ces autres programmes et de repérer les secteurs se prêtant à une éventuelle collaboration et présentant des avantages réciproques.

## Examen du programme et transfert technologique

L'un des éléments essentiels de l'administration de l'actuel programme réside dans l'examen des nouveaux projets et des projets en cours. Des experts se réuniront donc au moins une fois par an pour aider à l'examen des projets et des activités en cours et évaluer l'accessibilité des nouveaux projets. Les installations et les services nécessaires à ces réunions (salle, aides visuelles, déjeuner, café, etc.) ainsi que, le cas échéant, les frais de transport, d'hébergement et de restauration des experts qui ne sont pas à l'emploi du SCF seront pris en charge par le programme ENFOR. Les salaires et les frais de déplacement des employés du SCF participant aux travaux de ce groupe d'experts seront à la charge des réseaux du SCF.

La communication des résultats des programmes de recherche susmentionnés constitue un aspect important du programme qui exige de collaborer avec des partenaires spécialisés en bioénergie et en aménagement forestier. Ces résultats seront communiqués de diverses façons, notamment par des rapports et des publications, des ateliers et des conférences, des démonstrations et des études sur le terrain. On continuera de rendre compte des résultats de la recherche dans la documentation scientifique et dans des publications comme la série de rapports d'information du SCF qui s'adressent plus particulièrement aux aménagistes. On s'occupera également de tenir à jour la bibliographie informatisée et annotée de tous les rapports et publications du SCF dans le domaine de la bioénergie. De plus, on publiera, le cas échéant, des rapports, des brochures et les résultats de la recherche sur la production de biomasse à des fins énergétiques, le cycle du carbone et le changement climatique.

À mesure que les grands volets du programme de recherche en bioénergie tireront à leur fin, on procédera à un examen de l'état des connaissances et des techniques pertinentes. Ces examens seront conçus de manière à faciliter l'accès aux résultats de la recherche à nos clients et le transfert de technologies. Parmi les secteurs qui seront ainsi analysés durant la période visée, il faut mentionner les incidences sur l'environnement de l'exploitation par arbres entiers et la modélisation du bilan du carbone.

Le SCF, ses chercheurs et ses entrepreneurs continueront de participer à des séminaires et à des ateliers sur la R-D dans le domaine de la bioénergie en Amérique du Nord et à l'étranger afin de faciliter le transfert des résultats de la R-D. Ces activités pourront être parrainées uniquement par le SCF ou conjointement avec d'autres organismes comme l'AIE, le CANMET, le département de l'Énergie des États-Unis ou d'autres. Les résultats de la recherche en bioénergie du SCF seront présentés dans le cadre de divers ateliers et conférences scientifiques, selon le cas. On compte également organiser un certain nombre d'ateliers consacrés à l'examen du statut du cycle du carbone des écosystèmes de la forêt boréale, à l'évaluation des lignes directrices du GIEC

production de biomasse à long terme. On continuera de cerner les éventuels problèmes de ravageurs et autres facteurs qui menacent les plantations énergétiques. Il est notamment important d'établir les coûts-avantages de diverses stratégies de luitre contre les ravageurs pour la production de biomasse. Un autre élément important de la production en plantations énergétiques consistera à déterminer les possibilités que les plantations de saules et de peupliers accroissent la séquestration de carbone dans le sol.

## Cycles des gaz à effet de serre, cycle du carbone et changement climatique

Dans le contexte des priorités et des programmes du PRDE, les activités entreprises dans ce secteur seront reliées au nouveau champ d'activité sur l'énergie et le changement climatique. Les activités dans ce secteur ont un rapport avec celles qui portent sur l'impact sur l'environnement des pratiques forestières et des plantations énergétiques décrites plus haut ainsi qu'avec les activités qui se rattachent à l'étude des cycles des gaz à effet de serre dans les systèmes bioénergétiques. Par ailleurs, on entreprendra l'analyse des activités, des options et des stratégies bioénergétiques visant à réduire les concentrations atmosphériques de dioxyde de carbone et à atténuer les éventuels changements climatiques.

La recherche sur le cycle du carbone des écosystèmes forestiers du Nord et sur le secteur forestier canadien se poursuivra afin d'étioffer les connaissances scientifiques sur les facteurs abiotiques et biotiques tributaires du climat et du temps ainsi que sur le rôle de la bioénergie dans le cycle global du carbone et le changement climatique. L'influence des régimes de perturbation causés par la récolte, le feu et les insectes sur le cycle et le stockage du carbone dans les écosystèmes forestiers et le rôle des sols forestiers dans le cycle du carbone revêtent une importance particulière. On entreprendra des analyses pour diverses données spatiales (de régionale à circumpolaire) pour ce qui est de la réaction au changement climatique des écosystèmes forestiers du Canada à différentes échelles de temps (allant du passé récent à un horizon prévisionnel s'étchelonnant sur les 100 prochaines années). On participera également à l'élaboration d'un cadre analytique permettant d'évaluer les options et les stratégies bioénergétiques du secteur forestier pour réduire les concentrations atmosphériques de dioxyde de carbone et pour améliorer et maintenir les écosystèmes forestiers du Canada comme puits et réservoirs du carbone atmosphérique. Ces travaux aideront à choisir les meilleures stratégies et options de production de biomasse forestière à l'appui des obligations du Canada de stabiliser ses émissions de gaz à effet de serre aux niveaux de 1990 en vertu de la Convention-cadre sur les changements climatiques.

l'échelle régionale ou nationale afin de déterminer le niveau des approvisionnement énergétiques traditionnels et des émissions de gaz carbonique neutralisées par l'utilisation de bois de chauffage. Les recherches précédentes ont été menées à l'échelle provinciale. On entend faire désormais porter les efforts au niveau régional et national.

Au chapitre des incidences sur l'environnement, on parachevera l'analyse et l'établissement de rapports sur la série d'expériences régionales sur le terrain portant sur l'exploitation par arbres entiers. On publiera le compte rendu d'un colloque consacré aux résultats de ces expériences en matière d'incidences sur le bilan nutritif et de productivité des stations. On a déjà établi que l'impact et les effets des pratiques forestières sur le cycle du carbone constituaient une lacune importante au regard du rôle de la foresterie dans le changement climatique. Pour combler cette lacune, les recherches concernant les incidences sur l'environnement seront recentrées pour évaluer les répercussions de diverses méthodes d'exploitation et de sylviculture sur l'amélioration ou le maintien des écosystèmes forestiers comme puits et réservoirs du carbone atmosphérique. Une question mal comprise, mais néanmoins très importante, est l'impact de ces pratiques sur la rétention et la perte du carbone du sol.

## Plantations énergétiques

Compte tenu de la nécessité d'étudier d'autres utilisations finales que la bioénergie pour justifier les coûts de la foresterie à courte révolution, on cherchera à établir des partenariats et à trouver d'autres sources de financement. On s'emploiera à comprendre la contribution éventuelle des plantations énergétiques à l'absorption et au stockage du CO<sub>2</sub> et à la diminution des gaz à effet de serre découlant d'une réduction de l'utilisation de combustibles fossiles. On étudiera également la possibilité d'établir des plantations énergétiques sur des terres agricoles marginales et d'autres terres.

Les activités de mise au point et d'essai en vraie grandeur des techniques de plantations énergétiques de saules continueront d'être au cœur de la recherche, avec une plus grande importance accordée aux efforts visant à déterminer la durabilité de production des systèmes de saules dits de « deuxième génération ». Il est notamment important d'établir les niveaux de reboisement et de productivité après la récolte dans une gamme de conditions pédologiques et nutritives afin de déterminer la durabilité à long terme de la production de biomasse à partir de plantations de saules poussant dans des conditions environnementales variées. On procédera donc à une étude des méthodes et des techniques de récolte et de traitement. Par ailleurs, on poursuivra les recherches sur les incidences de la fertilisation des plantations à l'aide de boues d'épuration et d'autres déchets organiques sur la production et l'environnement. On continuera également d'appuyer les essais de sélection sur le terrain de nouvelles essences et des variétés clonales de peupliers et de saules afin d'améliorer et de maintenir la



## Biomasse tirée de l'exploitation forestière traditionnelle

Les résidus forestiers qui constituent la plus abondante source de biomasse forestière économiquement exploitable se verront accorder une importance primordiale dans le cadre de ce programme. Les incidences sur l'environnement et les études économiques dans le contexte de la foresterie traditionnelle feront partie intégrante de ce secteur stratégique prioritaire, plutôt que de constituer des priorités stratégiques distinctes à proprement parler.

L'inventaire de la biomasse forestière du Canada, qui a été mis à jour dans le cadre de la modélisation du bilan du carbone, sera révisé de manière à évaluer sa valeur pour les analyses de faisabilité de la bioénergie propres à une région et son apport potentiel aux activités de modélisation de la bioénergie du Secteur de l'énergie de RNCAN. On étudiera les méthodes actuelles d'aménagement et d'exploitation forestière au regard de la disponibilité des résiduels produits par différentes pratiques. On analysera les progrès accomplis au chapitre de l'amélioration de l'efficacité des méthodes de ramassage et de transport des résidus à des fins énergétiques tandis que l'on s'occupera de recenser et de résoudre les problèmes et les questions connexes. On étudiera également la manière de gérer la teneur en humidité des déchets sur le terrain. On analysera la possibilité d'adapter à la situation canadienne les systèmes d'exploitation intégrée conçus en Europe pour produire de la biomasse à des fins énergétiques ainsi que d'autres produits forestiers. Ces travaux s'appuieront sur les résultats de recherches déjà réalisées ou en cours dans d'autres pays dans le cadre de l'entente de l'AIE concernant la bioénergie, et comprendront toute une gamme d'activités sylvo-coles comme la préparation du terrain et la gestion de la végétation indésirable.

On procédera également à des recherches économiques sur divers aspects de la récolte des résidus avec le concours de chercheurs qui déploient des efforts analogues dans d'autres domaines du Secteur de l'énergie de RNCAN. On étudiera les obstacles qui empêchent l'adoption de systèmes de production de biomasse à des fins énergétiques en foresterie traditionnelle, et en particulier les problèmes que pose l'utilisation de la bioénergie pour réduire et remplacer l'énergie traditionnellement tirée des combustibles fossiles dans les collectivités forestières éloignées situées dans le Nord. La production intégrée et les bienfaits environnementaux et socioéconomiques constituent des éléments importants de la production de bioénergie dans le contexte de l'aménagement durable des forêts. À cet égard, on a réussi à faire la preuve que la production et de la récolte de biomasse présentent certains avantages sylvo-coles dans la région de l'Atlantique. Ces recherches doivent maintenant être étendues à d'autres régions. De la même façon, on a étudié les modes de consommation du bois de chauffage par les ménages dans certaines régions de l'Est, et il semble qu'on ait intérêt à étendre cette étude à

## Buts et priorités du plan

Les grands objectifs du programme ENFOR sont énoncés dans les Objectifs du programme. Le but du plan est de fournir aux aménagistes et aux responsables de la gestion énergétique des renseignements stratégiques et décisionnels afin :

- de favoriser une utilisation accrue de l'énergie tirée de la biomasse pour maintenir les réserves énergétiques du Canada et réduire les émissions atmosphériques de carbone par une diminution de la consommation de combustibles fossiles;
- d'améliorer et de maintenir les écosystèmes forestiers du Canada servant à la production d'énergie à titre de puits et de réservoirs du carbone atmosphérique;
- d'aider le Canada à définir sa position sur les puits et les réservoirs forestiers dans le cadre des négociations internationales concernant la Convention-cadre sur les changements climatiques.

Les priorités de recherche pour la période visée par le plan englobent des activités dont le but est :

- d'améliorer la production de biomasse à des fins énergétiques à partir des résidus forestiers, notamment des déchets d'exploitation, des essences ligneuses non marchandes et des espèces arbusives, ainsi que l'efficacité énergétique des techniques et pratiques utilisées dans la production de biomasse;
- d'améliorer la production de biomasse dans des plantations énergétiques de saules et de peupliers à courte révolution en se concentrant sur la régénération après la récolte;
- de mieux comprendre l'impact de la production de biomasse à des fins énergétiques sur l'environnement pour : (1) définir les répercussions de la production de biomasse et des méthodes de production sur l'amélioration et le maintien des écosystèmes forestiers comme puits et réservoirs du carbone atmosphérique; (2) réduire l'utilisation de combustibles fossiles;
- de maintenir la position de chef de file du SCF dans la recherche internationale conjointe en bioénergie par le truchement de sa participation à l'entente de l'AIE concernant la bioénergie.

sur l'environnement étaient étudiés sommairement pour connaître notamment l'incidence de la production et des techniques d'extraction de la biomasse sur la productivité des stations (réserves nutritives), la qualité du sol et de l'eau et l'environnement en général. Même si ces activités sont importantes pour le développement durable des forêts, elles ne nous ont pas forcément aidés à mieux comprendre les conséquences environnementales sur le plan énergétique. L'utilisation de l'énergie doit être examinée dans le contexte du cycle mondial du carbone et dans ses liens avec le changement climatique et atmosphérique. Le programme de recherche en bioénergie continuera d'attacher beaucoup d'importance aux questions environnementales, mais s'intéressera avant tout aux incidences sur le cycle du carbone. La priorité sera donnée aux recherches visant à mieux comprendre les incidences environnementales de la production de biomasse sur le maintien et le renforcement des forêts et des sols forestiers comme puits et réservoirs du carbone atmosphérique et à trouver des moyens pour réduire la perte de carbone du sol ou son rejet dans l'atmosphère et les nappes d'eau. À cet égard, les préoccupations d'ordre environnemental sont étudiées sous l'angle le plus large possible, depuis les répercussions à court terme de la récolte de la biomasse à des fins énergétiques sur le compactage et l'érosion des sols (dans le cadre de la gestion du carbone) jusqu'aux impacts nationaux et mondiaux à long terme sur les changements climatiques. Par ailleurs, il faut également chercher à délimiter et à promouvoir les avantages environnementaux éventuels de la production de biomasse à des fins énergétiques en vue d'améliorer l'efficacité énergétique et de réduire ou de remplacer l'utilisation de combustibles fossiles.

Le programme de recherche en bioénergie du SCF est régi par un ensemble de lignes directrices environnementales axées sur la gestion du carbone qui constitue le lien principal entre l'utilisation et la production d'énergie verte et l'environnement. Des recherches portant sur des aspects comme les pratiques forestières durables, la gestion intégrée des forêts et des avantages qu'elle procure, le maintien de la biodiversité, la productivité des stations et la stabilité écologique ainsi que l'esthétique seront entrepris dans le cadre de ce programme dans la mesure où on arrivera à établir un lien avec leurs effets et leurs incidences sur le cycle du carbone. Les lignes directrices environnementales sont énoncées à l'annexe A.

Enfin, on a également élaboré des lignes directrices au sujet de la recherche sur la lutte contre les ravageurs dans le cadre du programme ENFOR. En vertu de ces lignes directrices, ces activités de recherche se limitent à l'étude et au réglément des problèmes de ravageurs dans les plantations énergétiques. Les lignes directrices sur la lutte contre les ravageurs sont énoncées à l'annexe B.

# Plan stratégique de recherche en bioénergie 1998–2003

## Contexte

### Changement des priorités du PRDE

Le programme de recherche en bioénergie du SCF est financé par le PRDE et est de ce fait assujéti aux méthodes de planification et de présentation des rapports du PRDE. Le PRDE a récemment subi une restructuration en profondeur qui s'est soldée par

une baisse de l'importance attachée aux combustibles fossiles et par un intérêt accru pour les énergies renouvelables et les facteurs environnementaux dans le contexte du changement climatique. Cette réorientation a entraîné la création au sein du PRDE d'un nouveau champ d'activité sur l'énergie et le changement climatique dont le but est de mieux comprendre le rôle que l'utilisation et la production d'énergie jouent dans le cycle mondial du carbone. Par ailleurs, pour que le PRDE puisse mieux répondre à l'évolution des priorités et des orientations, un nouveau fonds de prévoyance stratégique a été constitué. Compte tenu des priorités révisées du PRDE, on ne prévoit aucune baisse de l'appui accordé par le PRDE aux recherches sur la bioénergie forestière, même si les fonds octroyés peuvent diminuer de 5 à 18 % pour absorber les coûts qui se rattachent à la constitution du nouveau fonds de prévoyance stratégique à la fois pour le PRDE et le champ d'activité sur le changement climatique.

### Obligations découlant de l'entente de l'AIE concernant la bioénergie

En sa qualité de signataire canadien de l'entente de l'AIE concernant la bioénergie, le SCF est tenu de participer et de contribuer financièrement aux travaux et aux activités résultant de cette entente. Or, ces contributions financières dépendent des fonds octroyés par le PRDE. Le SCF a pris des engagements spécifiques à l'égard des activités qui visent à accroître la production et la rentabilité de la biomasse servant à produire de l'éthanol dans le cadre de l'initiative fédérale sur la production d'éthanol dont le but est de promouvoir l'utilisation des mélanges à base d'éthanol comme carburants. Ces activités correspondent à toutes celles sur les plantations énergétiques actuellement menées dans le cadre du programme ENFOR ainsi qu'à celles qui ont trait aux incidences sur l'environnement de la production et de la récolte de la biomasse. Sur le plan opérationnel, c'est le CANMET qui est responsable de contribuer et de participer aux champs d'activités de l'AIE sur la conversion de la biomasse et les déchets solides municipaux.

### Priorités du SCF

Le SCF a pris l'engagement ferme d'assurer le développement durable du secteur forestier canadien et de préserver les écosystèmes forestiers. Auparavant, les effets



## Etude économique des avantages sylvicoles de l'exploitation de la biomasse forestière à des fins énergétiques

On a étudié l'aspect économique des avantages sylvicoles potentiels de l'exploitation de la biomasse forestière à des fins énergétiques dans plusieurs régions du pays et il devient de plus en plus manifeste que l'utilisation de la bioénergie est plus facile à justifier lorsqu'elle est intégrée à d'autres utilisations de la forêt ou qu'elle est appliquée à des crèdeaux du marché comme les localités éloignées situées dans le Nord.

### L'Agence internationale de l'énergie

Le SCF est le participant canadien officiel à l'entente de l'Association internationale de l'énergie concernant la bioénergie. Les activités conjointes menées dans le cadre de cette entente ont trait à la production et à l'approvisionnement bioénergétiques, à la conversion de la biomasse et aux cycles des déchets solides municipaux et des gaz à effet de serre des systèmes bioénergétiques. Les activités bioénergétiques de l'AIE aux chapitres de la production et de l'approvisionnement bioénergétiques et des bilans des gaz à effet de serre des systèmes bioénergétiques complètent le programme ENFOR du SCF sur le plan national. Les scientifiques canadiens, notamment les chercheurs du SCF, jouent un rôle dynamique au sein de l'AIE en participant aux travaux des comités consultatifs techniques, en dirigeant plusieurs activités et en y participant et enfin en organisant des ateliers. Le CANMET coordonne la participation du Canada aux travaux sur la conversion de la biomasse et les déchets solides municipaux.

La situation a évolué depuis la mise en œuvre du plan stratégique de recherche en bioénergie du SCF en 1992. L'achèvement imminent de plusieurs grands projets et le besoin de nouvelles orientations commandent une révision du plan. Cette révision doit tenir compte du resserrément des liens entre le SCF et d'autres groupes s'intéressant à la bioénergie et aux énergies renouvelables au sein de Ressources naturelles Canada, particulièrement dans le Secteur de l'énergie, ainsi que du lien entre la consommation d'énergie, les émissions ainsi que les puits et les réservoirs forestiers et le changement climatique. Elle doit également prendre en compte la nouvelle structure et les priorités du programme scientifique du SCF résultant de l'Examen fédéral des programmes et des compressions budgétaires de février 1995. En particulier, la recherche en bioénergie du SCF doit désormais être planifiée en fonction des programmes des réseaux de S&T. La structure du PRDE a également changé et a entraîné un certain rajustement des priorités et l'établissement d'un nouveau champ d'activité sur l'énergie et le changement climatique; tous ces changements ont un effet et des répercussions sur la stratégie du SCF dans le domaine de la recherche en bioénergie.

On a déployé des efforts de taille pour établir un modèle du bilan du carbone du secteur forestier canadien permettant de déterminer l'ampleur du pool de carbone de la biomasse des forêts canadiennes et les effets qu'ont eu sur ce pool les modifications de la croissance et les perturbations causées par l'exploitation, le feu et les insectes au cours de la période s'étendant de 1920 à 1989. Les efforts se poursuivent en vue d'améliorer les données d'entrée, d'étudier le potentiel de réduction des concentrations atmosphériques de dioxyde de carbone qu'offrent diverses options de production de biomasse à des fins énergétiques et d'examiner l'incidence du changement climatique sur la production de biomasse. Les travaux sur le bilan du carbone ont eu un succès retentissant à l'échelle internationale. Le modèle a été adapté au niveau régional (en Colombie-Britannique) et diverses données d'entrée ont été améliorées.

### Modèle du bilan du carbone du secteur forestier canadien

On s'est occupé de mettre au point des techniques d'exploitation des plantations forestières énergétiques de saules ou de peupliers à courte révolution. Ces travaux ont abouti à plusieurs essais au champ qui commencent à produire des résultats opérationnels pratiques. On évalue maintenant les effets que pourraient avoir les ravageurs sur la production de biomasse dans les plantations énergétiques et on termine une série d'expériences régionales sur le terrain pour déterminer les incidences de l'exploitation par arbres entiers sur l'état des stations et du sol, expériences qui fournissent des données précieuses.

### Sylviculture à courte révolution

Au cours de la période la plus récente (1992–1997), les recherches ont porté sur les plantations forestières énergétiques à courte révolution, sur l'établissement d'un bilan du carbone du secteur forestier canadien, et sur les avantages économiques et sylvicoles de la récolte de la biomasse forestière à des fins énergétiques.

• l'étude des facteurs socio-économiques et institutionnels ayant trait à la disponibilité et à l'utilisation de la biomasse à des fins énergétiques.

• l'étude approfondie des incidences néfastes sur l'environnement de l'extraction massive de biomasse, y compris l'élaboration du modèle FORCYTE pour évaluer la dynamique du cycle des éléments nutritifs;

• la mise au point et l'essai d'essences, d'hybrides et de clones pour la production intensive de biomasse;

- l'établissement d'un inventaire national de la biomasse forestière;
- la conception de prototypes de machines pour exploiter, ramasser et transporter la biomasse tirée des systèmes d'exploitation forestière traditionnels;

mentionner :

Parmi les réalisations importantes du programme ENFOR jusqu'à ce jour, il faut mentionner :

Lancé en 1978, le programme de recherche en bioénergie s'inscrit dans la réponse du gouvernement fédéral à la crise du pétrole de l'époque et dans la nécessité de trouver des sources d'énergie de substitution. Le programme ENFOR comprenait à l'origine des programmes secondaires sur la production de biomasse et la conversion de la biomasse. La responsabilité des éléments du programme relatifs à la conversion a toutefois été confiée en 1983 au programme de développement de la bioénergie de l'ancien ministère canadien de l'Énergie, des Mines et des Ressources (EMR). Depuis que le SCF et EMR ont fusionné pour former le ministère connu sous le nom de Ressources naturelles Canada en 1994, une coordination plus étroite s'est produite entre les volets production et conversion.

## Réalisations

Le programme de recherche en bioénergie comprend deux grands volets : le programme de R-D sur la production de biomasse forestière à des fins énergétiques et sur le renforcement des forêts comme puits et réservoirs du carbone atmosphérique du programme ENFOR (pour Énergie de la Forêt) du Service canadien des forêts et la participation du Canada aux activités conjointes menées dans le cadre de l'entente de l'Agence internationale de l'énergie (AIE) concernant la bioénergie, principalement dans le domaine de la production de biomasse et des cycles des gaz à effet de serre.

## Éléments du programme

gaz à effet de serre après l'an 2000, on peut d'ores et déjà prédire que les puits et réservoirs forestiers devraient jouer un rôle appréciable et qui ira en grandissant. C'est pourquoi il faut acquérir un plus grand nombre de données stratégiques sur le rôle que les forêts et la production de biomasse peuvent jouer dans la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Pour répondre à ce besoin, au cours de la période s'étendant de 1998 à 2003, le programme aura comme thème secondaire les conséquences de la production de biomasse à des fins énergétiques et son impact sur le cycle mondial du carbone ainsi que le renforcement des écosystèmes forestiers comme puits et réservoirs de carbone atmosphérique.

dispose également des moyens nécessaires pour réaliser à l'intérieur une bonne part

des recherches qui s'imposent. La recherche sur la production de biomasse forestière à des fins énergétiques, dont les objectifs sont ancrés dans le développement durable des forêts, doit tout naturellement s'inscrire dans les programmes de la plupart, voire de tous les réseaux de SCF, surtout ceux qui traitent du changement climatique, des incidences des pratiques forestières et de la recherche socio-économique.

La recherche en bioénergie au SCF est financée par le PRDE. Elle est coordonnée avec d'autres éléments du programme du PRDE par le Bureau de R-D énergétiques. Pour couvrir l'ensemble des systèmes bioénergétiques, elle se fait en étroite coordination avec la recherche sur les processus de conversion et l'utilisation de la bioénergie menée par le CANMET qui relève du Secrétaire de l'énergie de Ressources naturelles Canada. À cet égard, le SCF a donc pour mandat de s'occuper de l'aspect des systèmes bio-énergétiques qui touche aux ressources forestières, c'est-à-dire jusqu'au moment où ces dernières sont livrées à l'usine de conversion. Son mandat englobe donc les questions qui ont trait à la production de biomasse dans les écosystèmes forestiers, y compris les résidus d'opérations forestières comme la récolte, ainsi que le transport des matériaux depuis leur lieu de production jusqu'à leur point d'utilisation. En revanche, il ne comprend pas les questions qui ont trait aux résidus d'usines.

## Objectifs du programme

Les objectifs du programme de recherche en bioénergie du SCF sont les suivants :

- se doter de connaissances et de techniques suffisantes sur la production de biomasse forestière pour aider à accroître la part de la biomasse dans la production de l'énergie globale au Canada; et
- mieux comprendre le rôle de la production de biomasse dans le cycle mondial du carbone pour contribuer de façon significative à l'engagement pris par le Canada de stabiliser ses émissions de gaz à effet de serre.

Comme par le passé, l'objectif primordial du programme sera d'accroître la part de la biomasse forestière dans l'approvisionnement énergétique global du Canada. Toutefois, depuis que le Canada a signé la Convention-cadre sur les changements climatiques en 1992, par laquelle il s'engage à stabiliser ses émissions de gaz à effet de serre aux niveaux de 1990 d'ici l'an 2000 et à maintenir et à renforcer les puits et réservoirs de carbone atmosphérique, il attache encore plus d'importance au rôle de la biomasse dans le cycle mondial du carbone. Compte tenu des négociations internationales de cours qui visent à signer un protocole pour renforcer la réduction des émissions de



de valorisation énergétique de la biomasse. Pour ce qui est des plantations énergétiques, le Canada ne s'est pas encore doté des essences, des clones et des techniques de production optimums, même si des progrès ont été réalisés dans ce sens. La pérennité à long terme de la production dans une vaste gamme de conditions environnementales est également très incertaine.

Les plantations énergétiques peuvent aussi énormément contribuer à stabiliser et même à réduire les concentrations de gaz à effet de serre en remplaçant et en réduisant les émissions de combustibles fossiles et peuvent donc aider à atténuer les effets du changement climatique. Les jeunes plantes ligneuses qui poussent vigoureusement dans ces plantations absorbent le  $\text{CO}_2$  et l'emmagasinent dans leurs tissus jusqu'à ce que leur valorisation énergétique rejette ce  $\text{CO}_2$  dans l'atmosphère. Les nouvelles plantations énergétiques établies sur des terres agricoles marginales autrefois non boisées ou sur d'autres terres jouent un double rôle dans la réduction des gaz à effet de serre. En premier lieu, les terres boisées augmentent la capacité de stockage du carbone dans les écosystèmes forestiers, réduisant ainsi les concentrations atmosphériques de dioxyde de carbone. En deuxième lieu, l'utilisation de l'énergie verte pour remplacer ou réduire la consommation d'énergie fossile a pour effet indirect de réduire les émissions qui contribuent à accroître les concentrations atmosphériques de dioxyde de carbone. On a établi un lien direct entre l'augmentation des concentrations atmosphériques de  $\text{CO}_2$  et l'utilisation de combustibles fossiles qui entraîne le rejet du carbone emmagasiné dans la biosphère depuis des millions d'années, alors que les émissions associées à l'utilisation de la bioénergie n'entraînent pas d'augmentation des concentrations atmosphériques puisqu'elles font partie du cycle du carbone existant des écosystèmes. On pense que le cycle du carbone des écosystèmes terrestres serait équilibré en l'absence d'activité humaine.

Les techniques et les méthodes qui permettent d'évaluer, de cultiver, de récolter et de ramasser la biomasse énergétique diffèrent quelque peu de celles utilisées pour l'exploitation traditionnelle des forêts, surtout dans le cas des plantations énergétiques à courte révolution. Il faut donc entreprendre des activités de recherche et de développement pour acquérir les connaissances et les techniques voulues. En même temps, une bonne part des informations qui en résulteront seront directement ou indirectement applicables aux opérations forestières plus traditionnelles.

En tant que principal organisme de recherche dans le secteur des ressources forestières, le Service canadien des forêts, qui relève de Ressources naturelles Canada, possède une somme colossale de connaissances et d'expertise sur tous les éléments de l'aménagement des ressources forestières. Il est le mieux placé pour coordonner les recherches sur la production de bioénergie forestière, une tâche qu'il accomplit depuis 1978. Il

fossile non renouvelables. C'est la matière première énergétique renouvelable la plus abondante dont dispose le Canada. L'utilisation accrue d'une telle matière première pourrait permettre au Canada d'atteindre les objectifs de développement durable et d'avoir des avantages considérables sur le plan de l'environnement.

Dans le cadre du changement climatique, les forêts jouent également un rôle important dans le cycle du carbone puisqu'elles emmagasinent et qu'elles échangent du carbone avec l'atmosphère. On a établi un lien entre l'augmentation des concentrations atmosphériques de dioxyde de carbone, le changement climatique et le réchauffement de la planète. Pour s'attaquer au problème du changement climatique, la communauté internationale a adopté une Convention-cadre sur les changements climatiques en 1992. À titre de signataire de cette convention, le Canada a l'obligation de stabiliser ses émissions de gaz à effet de serre aux niveaux de 1990 et de maintenir et de renforcer les puits et réservoirs de carbone atmosphérique. Grand puits et réservoir de carbone, les forêts devraient contribuer à accroître l'utilisation de la bioénergie en vue de réduire la consommation d'énergie fossile et d'améliorer les forêts et sols forestiers comme puits et réservoirs de carbone atmosphérique. Ces deux éléments permettront au Canada de tenir son engagement de stabiliser ses émissions de gaz à effet de serre et de réduire et d'atténuer les éventuels changements climatiques. À la lumière du lien stratégique entre l'énergie et le changement climatique, le programme ENFOR a décidé d'élargir l'axe de ses recherches qui débordera le simple approvisionnement bioénergétique pour englober les liens et le rôle de ce dernier dans le cycle du carbone global et le changement climatique.

Le Canada dispose de deux sources possibles de production de biomasse forestière à des fins énergétiques. L'une est constituée des résidus forestiers laissés par une coupe traditionnelle, notamment les essences et les composantes non marchandes des peuplements forestiers. L'autre réside dans les plantations énergétiques d'essences ligneuses à croissance rapide, comme les peupliers ou les saules, que l'on cultive expressément à des fins énergétiques. La biomasse provenant de ces sources, de même que les essences forestières commerciales peuvent produire de l'énergie directement par combustion ou indirectement après avoir été converties par des procédés thermiques, chimiques ou biologiques en des formes plus pratiques de combustibles liquides ou gazeux.

Même si les technologies bioénergétiques évoluent, le manque de connaissances et de techniques propres à la situation du Canada continue d'être une sérieuse entrave à l'utilisation fructueuse de la bioénergie. Pour les résidus forestiers, il faut notamment améliorer les techniques de production et mieux comprendre les incidences de la production de biomasse sur l'aménagement durable des forêts, surtout dans le cadre du cycle mondial du carbone. Il faut également améliorer les techniques de collecte et

# Introduction

Ce plan contient les lignes directrices générales pour l'élaboration et l'exécution du programme de recherche en bioénergie du Service canadien des forêts (SCF) pour la période s'étendant de 1998 à 2003. Il vise à aider les gestionnaires de la recherche, les scientifiques et les autres personnes qui participent au programme scientifique à s'assurer que les activités proposées et entreprises sont pertinentes, qu'elles sont coordonnées et orientées vers la réalisation des priorités établies et qu'elles fournissent des informations stratégiques utiles pour accroître l'utilisation de l'énergie tirée de la biomasse forestière, pour réduire la consommation d'énergie fossile et pour mieux comprendre l'impact de la production de biomasse sur le cycle du carbone forestier dans le contexte du changement climatique.

Le plan porte sur toutes les activités scientifiques et technologiques entreprises par le SCF dans le domaine de la production et de l'approvisionnement en bioénergie forestière. Ces activités englobent les recherches internes, les projets effectués sous contrat par des organismes de l'extérieur, des entreprises et des particuliers ainsi que les activités internationales conjointes.

Il s'agit du troisième plan stratégique de recherche en bioénergie du Service canadien des forêts. Le précédent portait sur la période allant de 1992 à 1997. Le nouveau plan remplace et annule le précédent et tient compte des profonds changements intervenus dans la structure et l'organisation du programme de S&T du SCF et dans la structure du Programme de recherche et de développement énergétiques (PRDE), l'organisme qui finance les recherches du SCF dans le domaine de la bioénergie. Il explique la raison d'être et l'objectif général du programme de recherche en bioénergie et analyse brièvement les réalisations jusqu'à présent. Il expose le contexte de planification au sein duquel fonctionne le programme, énonce les objectifs précis pour la période visée et en précise les priorités stratégiques. Enfin, il décrit le processus de mise en œuvre du plan.

## Programme de recherche en bioénergie du Service canadien des forêts Raison d'être

La biomasse forestière est une source d'énergie de substitution renouvelable dont l'utilisation pourrait réduire la dépendance du Canada à l'égard des sources d'énergie

3. recensement et évaluation des incidences environnementales des techniques de production de biomasse au regard de leurs effets sur le renforcement ou le maintien des écosystèmes forestiers comme puits et réservoirs du carbone atmosphérique;

4. recensement des impacts des changements environnementaux planétaires sur le potentiel de production de biomasse et des répercussions sur l'approvisionnement bioénergétique;

5. soutien des activités internationales conjointes de recherche en bioénergie de l'Agence internationale de l'énergie.

Par ailleurs, on entreprendra une série d'examen fouillés soulignant les besoins et les réalisations du programme tandis que l'on renforcera les efforts de transfert de la technologie.

Toutes ces activités seront entreprises dans le cadre du processus de financement des propositions du PRDE. Les travaux seront exécutés par l'entremise du programme ENFOR du Service canadien des forêts et de recherches internationales conjointes menées dans le cadre de l'entente de l'Agence internationale de l'énergie concernant la bio-énergie. Les réseaux de sciences et de technologie du Service canadien des forêts seront le principal vecteur de réalisation du programme ENFOR. Les rapports avec les collaborateurs actuels seront maintenus et de nouvelles ententes de partenariat et de collaboration seront négociées en vue d'assurer le financement et la réalisation des recherches conjointes.

# Résumé

La recherche en bioénergie à laquelle se livre le Service canadien des forêts porte sur tous les aspects de l'évaluation, de la production et de la culture de la biomasse forestière à des fins énergétiques. Le Service canadien des forêts mène des activités de recherche dans ce domaine depuis 1978, surtout grâce au programme ENFOR (pour ENergie de la FORêt) dont le financement est assuré par le Programme de recherche et de développement énergétiques (PRDE). Les plans stratégiques antérieurs ont orienté la recherche en bioénergie depuis 1987.

Entre 1998 et 2003, les activités de recherche seront surtout axées sur la production de biomasse à des fins énergétiques à partir des écosystèmes forestiers, sur la possibilité de faire contrepois à l'utilisation d'énergie fossile à l'aide de la bioénergie provenant de la forêt et sur l'évaluation des possibilités qu'offrent les forêts pour réduire les concentrations atmosphériques de dioxyde de carbone. Les objectifs du programme de recherche en bioénergie du SCF sont les suivants :

- se doter de connaissances et de techniques suffisantes sur la production de biomasse forestière pour accroître la part de la biomasse forestière dans l'approvisionnement énergétique global du Canada; et
- mieux comprendre le rôle de la production de biomasse dans le cycle mondial du carbone afin contribuer de façon significative à l'engagement pris par le Canada de stabiliser ses émissions de gaz à effet de serre.

Le programme aura pour principal objectif d'accroître la contribution de la biomasse forestière à l'approvisionnement énergétique global du Canada. Il s'emploiera par ailleurs à déterminer les répercussions et l'impact sur le cycle mondial du carbone d'un renforcement des écosystèmes forestiers comme puits et réservoirs du carbone atmosphérique dans le contexte du changement climatique.

Les principales activités inscrites au programme sont les suivantes :

1. études des technologies de production de biomasse pour la foresterie traditionnelle et les plantations énergétiques afin d'accroître et de maintenir la production de biomasse à des fins énergétiques dans le but de réduire ou de remplacer les sources d'énergie fossile;

2. études des cycles des gaz à effet de serre dans les écosystèmes forestiers et de leur contribution au bilan mondial du carbone, y compris l'élaboration d'outils d'analyse permettant d'évaluer les projets de production de biomasse forestière et les options en vue de réduire les émissions de gaz à effet de serre;





# Table des matières

Résumé v

Introduction 1

Programme de recherche en bioénergie du  
Service canadien des forêts 1

Raison d'être 1

Objectifs du programme 4

Éléments du programme 5

Réalisations 5

Plan stratégique de recherche en bioénergie 1998–2003 8

Contexte 8

Buts et priorités du plan 10

Rapports avec d'autres programmes de  
sciences et de technologie 15

Réseaux de S&T du SCF 16

Autres secteurs de RNCan 17

Autres organismes 19

Annexe A. Lignes directrices sur les incidences environnementales  
de la recherche sur l'énergie tirée de la biomasse et du  
transfert de technologie 21

Annexe B. Lignes directrices relatives aux projets de recherche  
sur la lutte contre les ravageurs 23

Annexe C. Critères d'évaluation des projets ENFOR 24

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada 1998  
Numéro de catalogue Fo42-277/2003  
ISBN 0-662-63567-1

Exemplaires de cette publication disponibles gratuitement auprès de :  
Ressources naturelles Canada  
Service canadien des forêts  
Ottawa (Ontario) K1A 0E4  
Tél. : (613) 947-7341

Copies ou microfilm de cette publication en vente chez :  
Micromédia Ltée  
240, rue Catharine, bureau 305  
Ottawa (Ontario) K2P 2G8

Production : Paula Irving  
Révision : Denis Alarie  
Traduction : Bureau de la Traduction, Travaux publics  
et services gouvernementaux Canada  
Conception et mise en page : Danielle Monette

### Données de catalogage avant publication (Canada)

Vedette principale au titre :  
Plan stratégique de recherche en bioénergie 1998-2003  
Texte en français et en anglais disposé tête-bêche.  
Titre de la p. de t. addit. : Strategic plan for  
bioenergy research 1998-2003.  
ISBN 0-662-63567-1  
No de cat. Fo42-277/2003

1. Biomasse — Recherche — Canada.  
2. Biomasse forestière — Recherche — Canada.  
I. Service canadien des forêts. Direction des sciences.

TP360.S72 1998 662.880971 C98-980202-7F

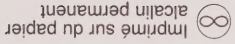
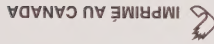
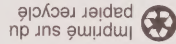


Photo de la couverture : Service canadien des forêts,  
Centre de foresterie du Nord, Edmonton (Alberta)

# Plan stratégique de recherche en bioénergie 1998-2003

Le plan quinquennal du  
Service canadien des forêts

---

Mise en œuvre de la Stratégie  
canadienne de recherche en bioénergie

Publié par

Direction des sciences

Service canadien des forêts

Ressources naturelles Canada

Ottawa, 1998





# Plan stratégique de recherche en bioénergie

1998-2003

Le plan  
quinquennal  
du Service  
canadien  
des forêts

Canada

Ressources naturelles  
Canada  
Service canadien  
des forêts  
Canadian Forest  
Service  
Natural Resources  
Canada

